

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA –CURSO 2024

Operación y Mantenimiento

Ing. Diego Oroño
Ing. Gonzalo Hermida



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



Temario de este capítulo

- Operación y mantenimiento
- Monitorización



Operación y Mantenimiento



Operación y Mantenimiento

- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es de carácter preventivo y correctivo.
- Es muy recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.
- La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo.



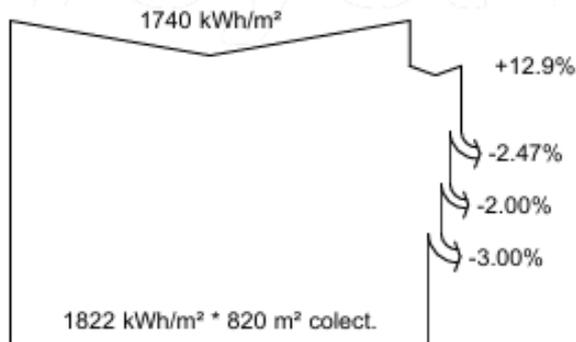
Operación y Mantenimiento

- Se deben considerar:
 - Las operaciones necesarias de mantenimiento por el usuario y las que debe realizar el instalador.
 - La periodicidad de las operaciones de mantenimiento.

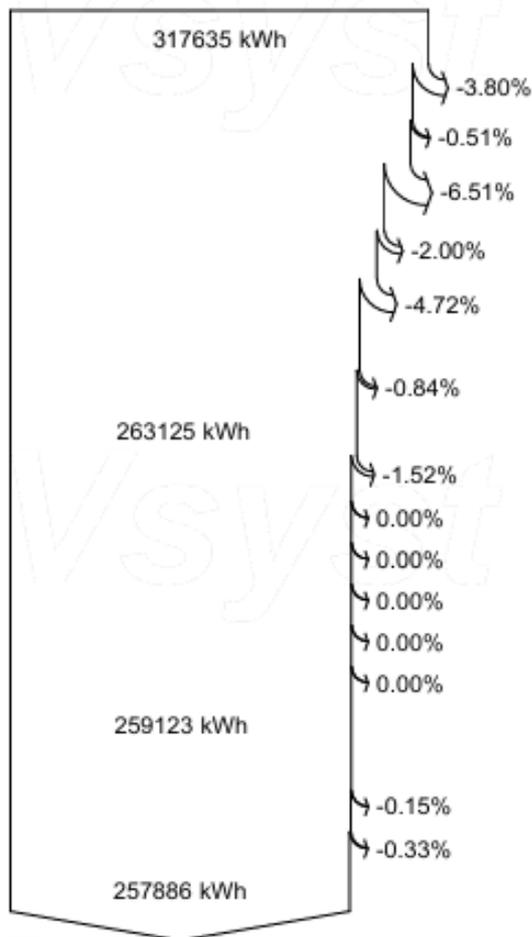
¿Por qué realizar O&M?

- Mitigar riesgos
- Maximizar la vida útil de la instalación
- Maximizar la producción de energía
- Mejorar la rentabilidad de la instalación





eficiencia en STC = 21.26%



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Sombreados cercanos: pérdida de irradiancia

Factor IAM en global

Factor de pérdida de suciedad

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

Pérdida de degradación módulos (por año #10)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

LID - Degradación inducida por luz

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas
(incluyendo 1.7% para dispersión por degradación)

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Energía disponible en la salida del inversor

Pérdidas óhmicas CA

Indisponibilidad del sistema

Energía inyectada en la red



Etapas de la O&M

- **Mantenimiento preventivo:** Tiene como objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías de un sistema del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.
- **Mantenimiento correctivo:** Es el que se realiza después de haber ocurrido un fallo o problema en alguna de las partes del sistema, con el objetivo de restablecer la operatividad del mismo. Es importante acotar tiempos de respuesta y resolución de incidentes.



Plan de mantenimiento preventivo

- **MANTENIMIENTO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO**
- **Inspección visual:**
 - Generador fotovoltaico: módulos, armazón, sistema de seguimiento (si existiera), suciedad, deslaminación, etc.
 - Instalación eléctrica: cables, acumulador de cadenas, cajas de conexión, incluido registro de estado de los fusibles y los descargadores de sobretensión.
 - Inversores.
 - Armario de distribución y sistema de refrigeración.
- El estado de la instalación se documenta y los posibles daños son fotografiados.



- **MANTENIMIENTO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO:**
- **Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos:**
 - Requieren escaso mantenimiento
 - Abarca:
 - Limpieza periódica el panel.
 - Inspección visual del panel.
 - Análisis de puntos calientes mediante cámara termográfica.
 - Mediciones periódicas de la curva V-I.
 - Ensayo Electroluminiscencia
 - Mantenimiento de la estructura.
 - Mantenimiento de los seguidores.



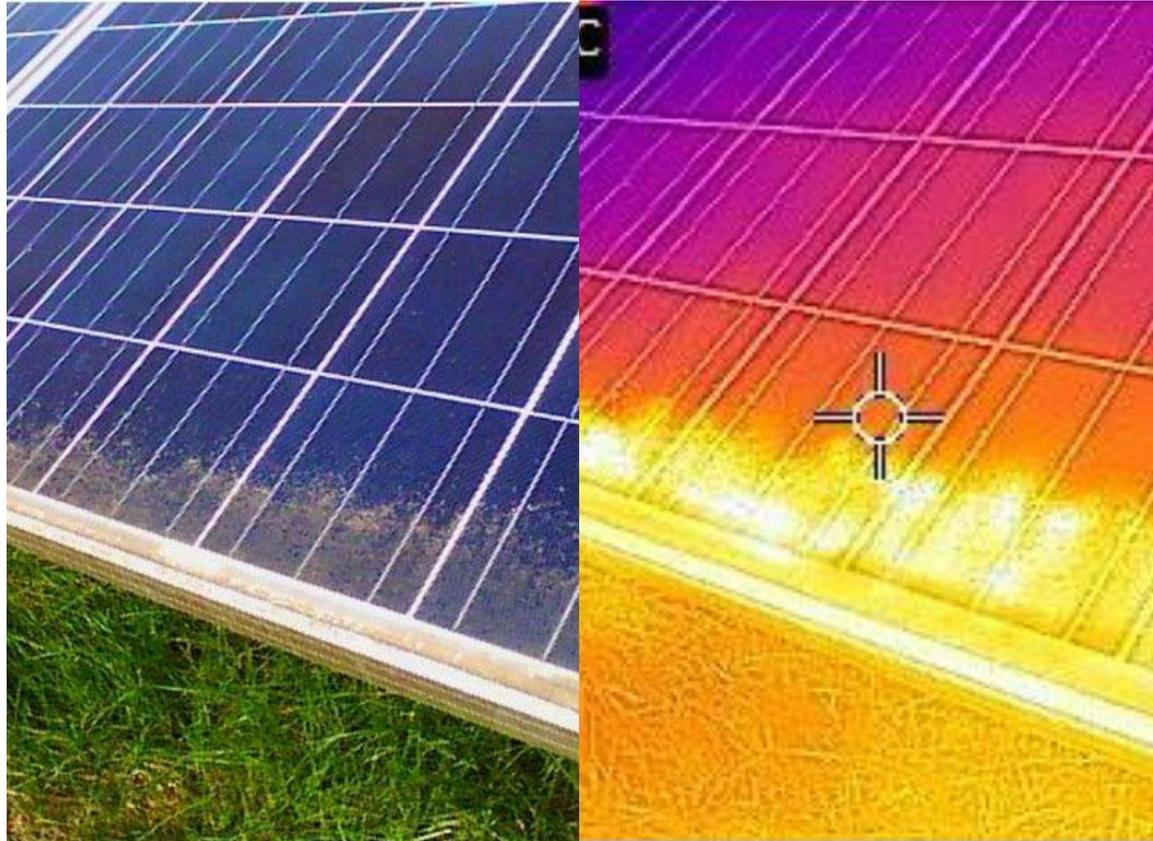
- **Limpieza de paneles:**

- Normalmente no se requiere limpieza, se mantienen limpios con la lluvia e inclinación.
- Pequeñas impurezas (polvo) no afectan al rendimiento.
- Deben retirarse los residuos adheridos que la lluvia no arrastra.
- Normalmente se realiza una vez al año, a finales de invierno.
- No se emplean disolventes, sino detergente suave no abrasivo diluido en agua.



- **Limpieza de paneles:**

- La suciedad no solamente provoca disminución de irradiancia recibida, además se generan puntos calientes.



- **Inspección visual:**

- Posible fisuras de cristal.
- Oxidaciones en los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas (por entrada de humedad).
- Delaminación.
- Deformaciones en las cajas de conexión del módulo por sobrecalentamiento de los diodos de paso.
- Control de las conexiones eléctricas y cableado de los paneles.
- Comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los paneles.
- Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales.



- **Análisis de puntos calientes**

- **Qué es un punto caliente?**

- Una zona dentro del módulo fotovoltaico que se calienta excesivamente, pudiendo ocasionar el deterioro o destrucción del panel fotovoltaico.
- Puede llegar a alcanzar los 200 °C y ocasionar incendios dentro de la instalación.

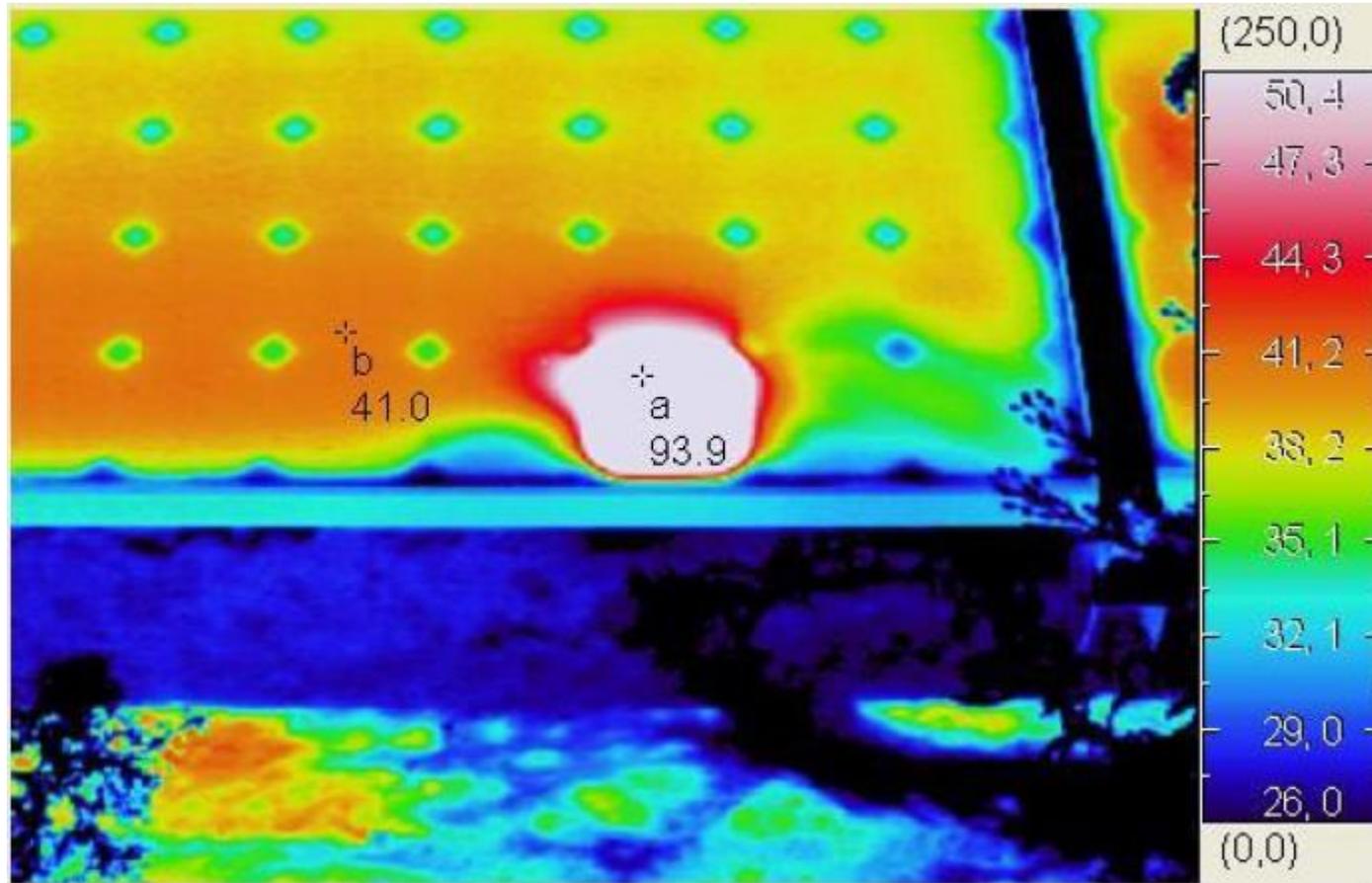
- **Qué origina un punto caliente?**

- El punto caliente se produce debido a una elevada resistencia en una zona concreta del panel.
- Esta resistencia es originada por defectos en el panel (soldadura rota o celda rota) o factores externos al panel (suciedad o sombras puntuales).



- **Análisis de puntos calientes**

- Se controlará mediante cámara termográfica que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante.



- **Análisis de puntos calientes**



- **Análisis de puntos calientes**



- **Análisis de puntos calientes**

– Proceso de un punto caliente:



1. Se crea una resistencia elevada.
2. Ruptura del punto caliente.
3. Calentamiento lento y continuo, inflamación de los materiales alrededor.
4. Posible arco eléctrico, permanencia de llama.

- **Análisis de puntos calientes**



- **Análisis de puntos calientes**

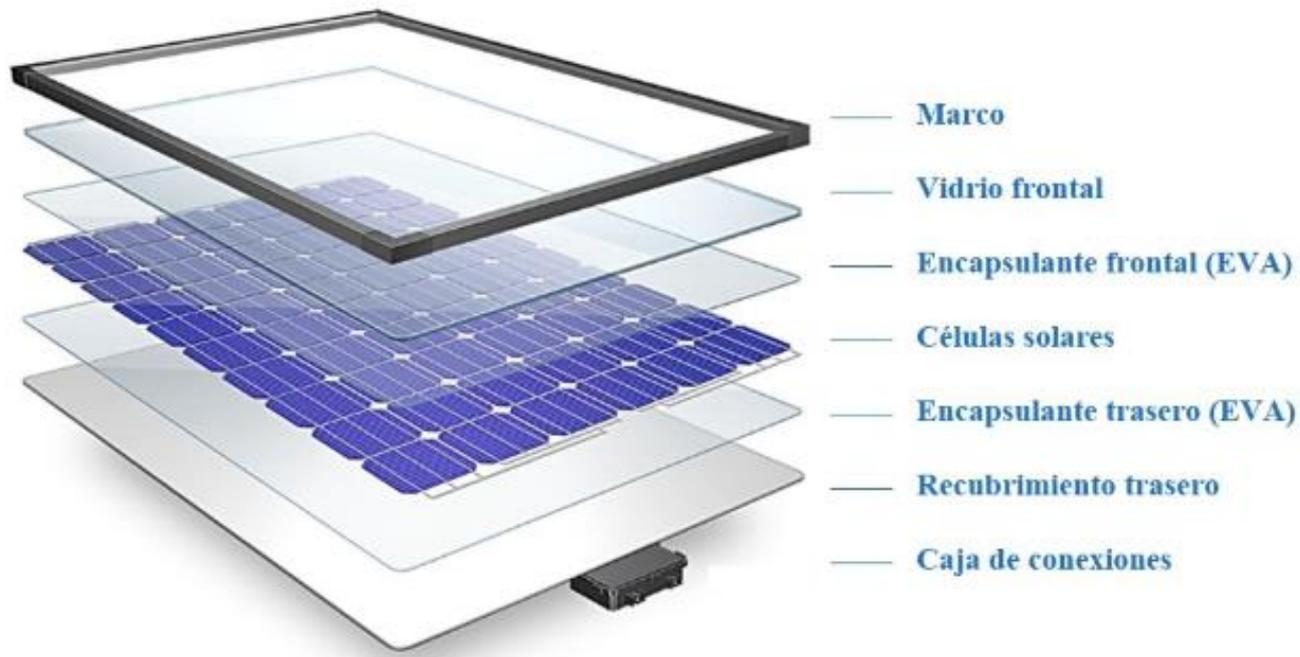
- El punto caliente es un defecto que puede aparecer en cualquier momento de la vida útil del panel.

- **Cómo evitar los puntos calientes?**

- Utilizar material de marcas conocidas y certificadas.
 - Asegurar un correcto transporte.
 - Realizar una correcta instalación.
 - Limpiar los módulos, conforme a las circunstancias del lugar.
 - Revisar regularmente la planta (revisión visual y monitorización).



- **Delaminación en paneles fotovoltaicos**
- La **delaminación** es la pérdida de adhesión de las diferentes capas que forman un módulo fotovoltaico.



- **Delaminación en paneles fotovoltaicos**



- **Snails Trails (Huellas de Caracol):**



- **Estructura soporte**

- Mediante inspección visual buscar golpes, corrosiones, estado de la pintura de protección, ausencia de acumulaciones de agua, etc.
- Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.



- **Mantenimiento de los seguidores**

- Engrase de las partes móviles que así lo requieran.
- Revisión de par de apriete en bulonería.
- Configuración y ajuste periódico de sensores y sistemas de control de seguimiento.
- Inspección visual del estado del galvanizado o pintura así como de las cimentaciones y posibles deformaciones de los materiales.



- **Mantenimiento del Inversor**

- Revisión anual (antes del verano).
- Comprobación del estado y funcionamiento.
- Comprobación del cableado y conexionado de los componentes.
- Verificación que el área de ubicación del inversor se encuentra limpia, seca y bien ventilada.
- Comprobación de que el alojamiento del inversor mantiene temperaturas adecuadas (entre 0 ° y 50 °C).
- Comprobación de las protecciones y alarmas del equipo.
- Mediciones periódicas de eficiencia.
- Inspección visual de los contactos de puesta a tierra.
- Lectura de la memoria de fallas.



Plan de mantenimiento correctivo

- Garantizar la visita a la instalación en los plazos establecidos y cada vez que el usuario lo requiera debido a cualquier incidencia en la misma.

Por ejemplo: la visita a la instalación tras llamada del usuario se debe atender en el plazo máximo de 48h.

- Analizar y realizar un presupuesto adecuado de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto y normal funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica.



Identificar riesgos!



An effective O&M provider must identify risk factors, even the unforeseen ones.

Identificar riesgos!



Identificar riesgos!



Identificar riesgos!



Monitorización



¿Por qué monitorizar un sistema?

- Información al usuario
- Verificación del funcionamiento
- Evaluación del sistema

Sistemas de monitorización

- Pueden ser simples o complejos
- En instalaciones pequeñas alcanza con los datos que proporciona el inversor.
- En grandes plantas son necesarios sistemas más complejos que informen el estado de los elementos de la planta y la estación meteorológica.



VARIABLES A MEDIR

- **Variables meteorológicas**
 - Irradiancia
 - Temperatura ambiente
 - Temperatura de módulos
 - Velocidad del viento
- **Variables relacionadas con la parte de continua**
 - Corriente
 - Tensión
- **Variables relacionadas con la parte de alterna**
 - Tensión de línea
 - Corriente de línea
 - Potencia a la salida
 - Factor de potencia
 - Frecuencia de red
 - Energía producida
 - Temperatura de la electrónica



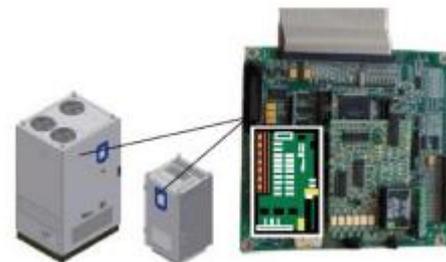
Alarmas

- Cada fabricante establece las suyas.
- Algunas de las más usadas son:
 - Frecuencia de la red fuera de límites
 - Tensión de red fuera de límites
 - Fallo de aislamiento
 - Temperatura de trabajo excesiva
 - Pérdida de comunicación



Equipos que componen la monitorización

- Los inversores y cajas de string, mediante la electrónica adecuada son capaces de medir todos los parámetros vinculados con su funcionamiento
- A su vez pueden disponer de un sistema de almacenamiento temporal de las magnitudes medidas por el inversor que permite la descarga de dicha información o acceder a la misma vía online.



Estación meteorológica

- Se dispone de un conjunto de sensores para medir las condiciones meteorológicas en las que opera la planta en cada momento

Parámetro	Sensor	Precisión	Salida
Irradiancia	Célula de referencia	2 W/m^2	mV
	Piranómetro	1 W/m^2	μV
Temperatura	PT100	$0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	ohm
Velocidad viento	Anemómetro	$\pm 0,5 \text{ m/s}$	0-1 Vdc
			4-20 mA
Dirección viento	Veleta	$\pm 5 \text{ grados}$	0-1 Vdc
			4-20 mA



